



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

출원 번호 : 10-2003-0045215
Application Number

출원 년 월 일 : 2003년 07월 04일
Date of Application JUL 04, 2003

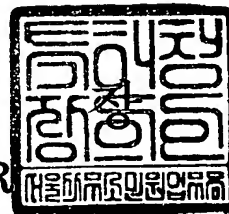
출원인 : 현대자동차주식회사 외 1명
Applicant(s) HYUNDAI MOTOR COMPANY, et al.



2003 년 11 월 10 일

특 허 청

COMMISSIONER





【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【제출일자】	2003.07.04
【발명의 명칭】	유도 전동기용 벡터 제어형 듀얼 인버터 시스템
【발명의 영문명칭】	A VECTOR-CONTROLLED DUAL INVERTER SYSTEM FOR AN INDUCTION MOTOR
【출원인】	
【명칭】	현대자동차주식회사
【출원인코드】	1-1998-004567-5
【출원인】	
【명칭】	학교법인 포항공과대학교
【출원인코드】	2-1999-900096-8
【대리인】	
【명칭】	유미특허법인
【대리인코드】	9-2001-100003-6
【지정된변리사】	오원석
【포괄위임등록번호】	2001-042007-3
【포괄위임등록번호】	2001-042214-3
【발명자】	
【성명의 국문표기】	문상현
【성명의 영문표기】	MOON, SANG HYUN
【주민등록번호】	730506-1783017
【우편번호】	445-854
【주소】	경기도 화성시 장덕동 772-1 현대자동차 남양연구소 전기동력개발팀
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	남광희
【성명의 영문표기】	NAM, KWANG HEE
【주민등록번호】	560926-1023513

【우편번호】	790-784
【주소】	경상북도 포항시 남구 효자동 산31 포항공과대학교
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김준하
【성명의 영문표기】	KIM, JUN HA
【주민등록번호】	700329-1816619
【우편번호】	430-817
【주소】	경기도 안양시 만안구 안양7동 194-53
【국적】	KR
【심사청구】	청구
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인 유미특허법인 (인)
【수수료】	
【기본출원료】	17 면 29,000 원
【가산출원료】	0 면 0 원
【우선권주장료】	0 건 0 원
【심사청구료】	7 항 333,000 원
【합계】	362,000 원
【첨부서류】	1. 요약서·명세서(도면)_1통

【요약서】

【요약】

본 발명은 유도 전동기의 고정자 권선의 일측에 연결되는 제1 인버터 및 고정자 권선의 다른 일측에 연결되는 제2 인버터를 포함하되, 제1 인버터에서는 유도 전동기의 역기전력 보상이 이루어지고, 제2 인버터에서는 유도 전동기의 무효전력 보상이 이루어져, 전압 제한에 따른 유도 전동기의 약계자 제어시 유도 전동기의 정출력 구간을 확대할 수 유도 전동기용 벡터 제어형 듀얼 인버터 시스템에 관한 것이다.

【대표도】

도 1

【색인어】

유도 전동기, 벡터 제어, 인버터, 무효 전력, 역기전력



【명세서】

【발명의 명칭】

유도 전동기용 벡터 제어형 듀얼 인버터 시스템{A VECTOR-CONTROLLED DUAL INVERTER SYSTEM FOR AN INDUCTION MOTOR}

【도면의 간단한 설명】

- 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 듀얼 인버터 시스템의 블록도;
 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 듀얼 인버터 시스템의 제어 블록도;
 도 3은 도 2의 토크분 전류 제어부를 상세히 도시한 도면;
 도 4는 도 2의 전압 제어부와 무효 전력 보상기를 상세히 도시한 도면.

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

- <5> 본 발명은 인버터에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 벡터 제어에 의해 유도 전동기의 속도 및 토크를 제어하는 장치에 관한 것이다.
- <6> 하이브리드 전기자동차(HEV; Hybrid Electric Vehicle)에 적용되는 유도 전동기 또는 전기자동차의 42V 시스템의 ISA(Integrated Starter and Generator)는 내연기관과 연결되어 기동전동기, 발전기, 토크 어시스터의 역할을 한다. 상기 ISA로써 유도 전동기를 사용하는 경우, 유도 전동기의 회전수가 낮은 경우에는 역기전력 및 무효 전력 성분이 크지 않지만, 회전수가 증가함에 따라 역기전력 성분 및 무효 전력 성분의 양이 증가하고, 배터리의 직류 전압을 이용하여

모터로 공급할 수 있는 최대 전압보다 역기전력의 값이 큰 경우에는 유도 전동기의 제어가 불가능하다.

<7> 또한, 상기 유도 전동기의 회전수가 증가함에 따라 함께 증가하는 무효 전력 성분의 보상과 역기전력 보상이 하나의 인버터에서 수행됨에 따라 무효 전력 성분의 증가분 만큼 인버터의 출력이 감소하는 문제점이 있었다.

<8> 상기의 문제점을 해결하기 위한 방법으로, 역기전력 상수를 감소시키는 방법이 있으나, 역기전력 상수가 감소하는 경우 토크 상수도 함께 감소하여 전동기의 출력 토크가 감소하게 되고 또한 유도 전동기를 발전기로 사용하는 경우에는 회생출력(regeneration)까지 함께 감소하게 된다. 상기 유도 전동기의 출력 토크 감소를 보상하기 위해 감속기어를 적용하여 토크를 증가시킬 수 있으나, 감속기어를 사용하는 경우 기계적 동력 전달과정에 의한 에너지 손실이 증가하여 시스템 전체의 에너지 효율이 감소하게 된다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<9> 본 발명은 상기의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 역기전력 보상 및 무효 전력 보상을 별개의 인버터에서 수행하여 무효 전력 보상을 통해 유도 전동기의 출력 감소를 막고, 역기전력 보상을 통해 전동기의 토크 감소를 방지하여 유도 전동기의 정출력 구간을 확대할 수 있는 인버터 시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.

【발명의 구성 및 작용】

<10> 상기의 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 유도 전동기용 벡터 제어형 듀얼 인버터 시스템은 고정자 권선의 일측에 연결되는 제1 인버터 및 고정자 권선의 다른 일측에 연결되는 제2 인

버터를 포함하되, 제1 인버터에서는 유도 전동기의 역기전력 보상이 이루어지고, 제2 인버터에서는 유도 전동기의 무효전력 보상이 이루어지는 것을 특징으로 한다.

- <11> 바람직하게는, 상기 제1 인버터의 유도 전동기 반대측은 배터리와 연결되고, 상기 제2 인버터의 유도 전동기 반대측은 캐패시터와 연결된다. 상기 유도 전동기 반대측은 별도의 배터리를 구비하지 않도록 구성된다.
- <12> 상기 제1 인버터는, 토크분 지령 전류와 토크분 전류의 차를 입력받아 비례적분 제어하고 역기전력 보상을 통하여 토크분 지령 전압을 출력하는 토크분 전류 제어부; 약계자 제어에 의한 자속 지령과 자속의 차를 입력받아 비례적분 제어하여 자속분 지령 전류를 출력하는 자속제어부; 자속분 지령 전류와 자속분 전류의 차를 입력받아 비례적분 제어하여 자속분 지령 전압을 출력하는 자속분 전류 제어부; 토크분 지령 전압과 자속분 지령 전압을 입력받아 3상 전압으로 변환하여 출력하는 2/3상 변환부; 3상 전압을 유도 전동기의 고정자에 인가하는 제1 인버터부; 및 상기 유도 전동기의 구동시 3상 전류를 검출하고 검출된 전류를 자속분 전류와 토크분 전류의 2상 전류로 변환하여 출력하는 3/2상 변환부를 포함한다.
- <13> 상기 제2 인버터는, 캐패시터에 대한 직류 전압 지령과 직류 전압의 차를 입력받아 전압을 비례적분 제어하여 출력되는 전압 지령 벡터를 자속분과 토크분으로 분해하는 전압 제어부, 상기 자속분과 토크분으로 분해된 전압 지령 벡터를 무효 전력 보상하여 토크분 지령 전압과 자속분 지령 전압을 출력하는 무효 전력 보상부; 토크분 지령 전압과 자속분 지령 전압을 입력받아 3상 전압으로 변환하여 출력하는 2/3상 변환부; 및 3상 전압을 유도 전동기의 고정자에 인가하는 제2 인버터부를 포함한다.
- <14> 이하, 첨부한 도면을 참고하여 본 발명에 따른 일 실시예에 대해서 설명한다.

- <15> 도 1에는 본 발명에 따른 벡터 제어형 듀얼 인버터 시스템의 개략도가 도시되어 있다.
- <16> 3상 교류 전원에 의해 구동되는 유도 전동기(130)의 고정자 권선의 일측은 제1 인버터(120)와 연결되고, 상기 고정자 권선의 다른 일측은 제2 인버터(140)와 연결된다. 상기 제1 인버터(120)의 상기 유도 전동기 반대측은 배터리(110)의 직류 전원(V_{dc1})이 연결되어 상기 제1 인버터(120)에 전력을 공급하고, 상기 제1 인버터(120)는 역기전력 보상 제어에 의한 3상 교류 전류를 출력하여 유도 전동기(130)에 공급한다. 또한, 제 2 인버터(140)의 상기 유도 전동기(130) 반대측은 캐패시터(150)의 직류 전원(V_{dc2})과 연결되어, 무효 전력 보상 제어에 의한 3상 교류 전류를 출력하여 유도 전동기(130)에 공급한다.
- <17> 상기 제1 인버터(120)와 상기 제2 인버터(140)의 구성을 도시한 블록도가 도 2에 도시되어 있다.
- <18> 제1 인버터의 구성 및 동작에 대해 설명하면, 상기 유도 전동기(130)의 회전수가 증가하면, 상기 유도 전동기(130)의 자속(λ_{dr}^e) 및 자속 각속도(ω_e)의 곱에 비례하여 역기전력이 발생한다. 발생하는 상기 역기전력의 크기가 상기 배터리(110)의 상기 직류 전원(V_{dc1})을 이용하여 상기 유도 전동기로 공급할 수 있는 최대 전압의 크기보다 큰 경우에는 유도 전동기의 제어가 불가능하게 된다. 따라서, 상기 전압 제한을 기초로 약제자 제어기(209)에 의해 지령 자속(λ_{dr}^{e*})이 결정되며, 제1 비교기(212)는 상기 지령 자속(λ_{dr}^{e*})과 자속(λ_{dr}^e)의 차를 출력하여 자속 제어부(215)에 공급한다. 상기 자속 제어부(215)는 상기 지령 자속(λ_{dr}^{e*})과 자속(λ_{dr}^e)의 차를 비례적분을 통해 자속분 지령 전류(i_{ds}^{e*})를 출력한다. 제2 비교기(221)는 자속분 지령 전류(i_{ds}^{e*})와 자속분 전류(i_{ds}^e)의 차를 자속분 전류 제어부(224)에 공급한다. 자속분 전류제어부(224)는 비례적분 제어를 통해 제1 자속분 지령 전압(V_{ds1}^{e*})을 출력한다.

- <19> 한편, 제3 비교기(203)는 토크분 지령 전류(i_{qs}^{e*})와 토크분 전류(i_{qs}^e)의 차를 토크분 전류 제어부(206)에 공급하고, 토크분 전류제어부(206)는 비례적분 제어 및 후술하는 역기전력 보상을 통해 제1 토크분 지령 전압(V_{qs1}^{e*})을 출력한다.
- <20> 제1 자속분 지령 전압(V_{ds1}^{e*})과 제1 토크분 지령 전압(V_{qs1}^{e*})은 2/3 상 변환부(207)에 공급되어, 3상 지령 전압($V_{a1}^*, V_{b1}^*, V_{c1}^*$)으로 변환되고, 제1 인버터부(230)에 인가된다. 제1 인버터부(230)는 3상 지령전압($V_{a1}^*, V_{b1}^*, V_{c1}^*$)에 따른 3상 전원을 유도 전동기(130)에 공급한다.
- <21> 상기 제1 인버터부(230)로부터 유도 전동기(233)에 공급되는 3상 전원으로부터 검출된 3상 전류(i_{as}, i_{bs}, i_{cs})는 3/2 상 변환부(236)에 의해 2상의 자속분 전류(i_{ds}^e)와 토크분 전류(i_{qs}^e)로 변환되며, 자속분 전류(i_{ds}^e)는 제2비교기(221), 및 자속 연산부(218)로 궤환되고, 토크분 전류(i_{qs}^e)는 제3 비교기(203)로 궤환된다. 자속 연산부(218)는 궤환된 자속분 전류(i_{ds}^e)를 기초로 자속(λ_{dr}^e)을 연산한다.
- <22> 제2 인버터(140)의 구성 및 동작에 대해 살펴보면, 제4 비교기(239)는 캐패시터(150)에 대한 직류 지령 전압(V_{dc2}^*)과 직류 전압(V_{dc2})의 차를 출력하여 전압 제어부(242)에 공급하고, 전압 제어부(242)는 비례적분 제어를 수행하고, 전류 벡터와 동일한 위상을 갖는 전압 지령 벡터(V_2^*)를 출력한다. 상기 전압 지령 벡터(V_2^*)는 자속분과 토크분으로 분해되고, 무효 전력 보상부(245)는 자속분과 토크분으로 분해된 전압 지령 벡터(V_2^*)에 무효 전력 보상을 통해 제2 자속분 지령 전압(V_{ds2}^{e*})과 제2 토크분 지령 전압(V_{qs2}^{e*})을 출력한다. 제2 자속분 지령 전압(V_{ds2}^{e*})과 제2 토크분 지령 전압(V_{qs2}^{e*})은 2/3 상 변환부(248)에 공급되어, 3상 지령 전압($V_{a2}^*, V_{b2}^*, V_{c2}^*$)으로 변환되어, 제2 인버터부(251)에 인가된다. 제2 인버터부(251)는 3상 지령전압($V_{a2}^*, V_{b2}^*, V_{c2}^*$)에 따른 3상 전원을 유도 전동기(130)에 공급한다.

- <23> 도 3에는 제1 인버터(120)의 토크분 전류 제어부(206)에서 이루어지는 역기전력 보상에 대한 동작 및 구성이 상세하게 도시되어 있다.
- <24> 토크분 전류 제어부(206)는 비례적분 제어기(303)와 역기전력 보상기(306)를 포함한다. 비례적분 제어기(303)는 제3비교기(203)에서 출력되는 토크분 지령 전류(i_{qs}^{e*})와 토크분 전류(i_{qs}^e)의 차를 비례적분하고, 역기전력 보상기는 상기 비례 적분한 값에, 역기전력을 원인으로 하는 상기 전압제한에 의해 발생하는 전압 손실을 보상하여 제1 토크분 지령전압(V_{qs1}^{e*})을 출력한다. 이 때, 상기 역기전력 보상기(306)에서 가산되는 전압은 다음의 식으로 표시된다.

<25>

$$\text{역기전력 보상 전압} = \omega_e \frac{L_m}{L_r} \lambda_{dr}^e$$

여기서, ω_e : 회전자 자속 각속도 L_m : 상호 인덕턴스

L_r : 회전자 인덕턴스 λ_{dr}^e : 회전자 자속

【수학식 1】

- <26> 도 4에는 제2 인버터(140)의 전압 제어부(242)와 무효 전력 보상부(245)의 구성 및 동작이 상세하게 도시되어 있다.
- <27> 캐패시터(150)의 전압이 충전되면, 제2 인버터(140)는 유도 전동기(130)의 무효 전력만을 제어하기 때문에 캐패시터(150)만으로 직류 전원(V_{dc2}) 공급이 가능하다. 따라서, 제2 인버터(140)에서는 배터리(110)와 같은 별도의 직류 전원을 인가하지 않는다. 캐패시터(150)의 충전/방전이 필요한 경우, 제2 인버터는 직류 전원을 제어하기 위해 유도 전동기 권선을 통해 일시적으로 실효 전력이 전달하여야 하며, 따라서, 전압 제어기(242)는 입력되는 직류 지령전압(V_{dc2}^*)과 직류 전압(V_{dc2})의 차를 다음의 식에 따라 제어한다.

<28>

$$v_{ds2}^{e*} = \frac{i_{ds}^e}{\|i_s\|} \left(k_{vp} + \frac{k_{iv}}{s} \right) (v_{dc2}^* - v_{dc2}) + \omega_e \sigma L_s i_{qs}^e$$

$$v_{qs2}^{e*} = \frac{i_{qs}^e}{\|i_s\|} \left(k_{vp} + \frac{k_{iv}}{s} \right) (v_{dc2}^* - v_{dc2}) - \omega_e \sigma L_s i_{ds}^e$$

여기서, v_{ds2}^{e*} : 자속분 지령 전압 v_{qs2}^{e*} : 토크분 지령 전압

i_{ds}^e : 자속분 전류 i_{qs}^e : 토크분 전류

v_{dc2}^* : 제2 인버터 지령전압 v_{dc2} : 제2 인버터 전압

【수학식 2】

k_{vp}, k_{vi} : 전압 제어기의 비례적분 이득 계수

<29>

i_s : 고정자 전류 ω_e : 회전자 자속 각속도

σL_s : 총 누설 인덕턴스

<30> 상기 식에서, (,)는 무효 전력 보상을 위한 성분으로 지령 전압에 가산된다.

【발명의 효과】

<31> 상기의 구성에 따른 유도 전동기용 벡터 제어형 듀얼 인버터 시스템에 의하면, 상기의 제1 인버터(120)에서는 역기전력 보상이 이루어지고, 상기 제2 인버터(140)에서는 무효 전력 보상이 이루어져, 약계자 제어시 유도 전동기(130)의 정출력 특성구간이 확대되고, 따라서, 전압 제한에 따른 유도 전동기의 출력 제한을 해결할 수 있다. 따라서, 전기 자동차의 기동토크 및 기동시간의 단축이 가능하고 특히 ISA가 발전기로 동작할 경우 출력 부족을 방지할 수 있다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

유도 전동기의 속도 및 토크를 제어하는 벡터 제어형 듀얼 인버터 시스템에서,
고정자 권선의 일측에 연결되어 유도 전동기의 역기전력 보상이 이루어지는 제1 인버터; 및
고정자 권선의 다른 일측에 연결되어 유도 전동기의 무효전력 보상이 이루어지는 제2 인버터를
포함하는 것을 특징으로 하는 인버터 시스템.

【청구항 2】

제1항에서,
상기 제1 인버터의 유도 전동기 반대측은 배터리와 연결되고, 상기 제2 인버터의 유도 전동기
반대측은 캐패시터와 연결되는 것을 특징으로 하는 인버터 시스템.

【청구항 3】

제2항에서,
상기 제1 인버터는,
토크분 지령 전류와 토크분 전류의 차를 입력받아 비례적분 제어하고 역기전력 보상을 통하여
토크분 지령 전압을 출력하는 토크분 전류 제어부;

약계자 제어에 의한 자속 지령과 자속의 차를 입력받아 비례적분 제어하여 자속분 지령 전류
를 출력하는 자속제어부;

자속분 지령 전류와 자속분 전류의 차를 입력받아 비례적분 제어하여 자속분 지령 전압을 출력
하는 자속분 전류 제어부;

토크분 지령 전압과 자속분 지령 전압을 입력받아 3상 전압으로 변환하여 출력하는 2/3상 변환부;

3상 전압을 유도 전동기의 고정자에 인가하는 제1 인버터부; 및

상기 유도 전동기의 구동시 3상 전류를 검출하고 검출된 전류를 자속분 전류와 토크분 전류의 2상 전류로 변환하여 출력하는 3/2상 변환부를 포함하는 것을 특징으로 하는 인버터 시스템.

【청구항 4】

제3항에서,

상기 토크분 전류 제어부에서의 역기전력 보상 전압은 다음의 수학식에 의해 제어되는 것을 특징으로 하는 인버터 시스템.

$$\text{역기전력 보상 전압} = \omega_e \frac{L_m}{L_r} \lambda_{dr}^e$$

여기서, ω_e : 회전자 자속 각속도

L_m : 상호 인덕턴스

L_r : 회전자 인덕턴스

λ_{dr}^e : 회전자 자속

【청구항 5】

제3항 내지 제4항 중 어느 한 항에서,

상기 제2 인버터는,

캐패시터에 대한 직류 전압 지령과 직류 전압의 차를 입력받아 전압을 비례적분 제어하여 출력되는 전압 지령 벡터를 자속분과 토크분으로 분해하는 전압 제어부;

상기 자속분과 토크분으로 분해된 전압 지령 벡터를 무효 전력 보상하여 토크분 지령 전압과 자속분 지령 전압을 출력하는 무효 전력 보상부;

1분 지령 전압과 자속분 지령 전압을 입력받아 3상 전압으로 변환하여 출력하는 2/3상 변환부; 및

3상 전압을 유도 전동기의 고정자에 인가하는 제2 인버터부를 포함하는 것을 특징으로 하는 인버터 시스템.

【청구항 6】

제5항에서,

상기 제2 인버터는,

캐패시터에 대한 직류 전압 지령과 직류 전압의 차를 입력받아 전압을 비례적분 제어하여 출력되는 전압 지령 벡터를 자속분과 토크분으로 분해하는 전압 제어부;

상기 자속분과 토크분으로 분해된 전압 지령 벡터를 무효 전력 보상하여 토크분 지령 전압과 자속분 지령 전압을 출력하는 무효 전력 보상부;

토크분 지령 전압과 자속분 지령 전압을 입력받아 3상 전압으로 변환하여 출력하는 2/3상 변환부; 및

3상 전압을 유도 전동기의 고정자에 인가하는 제2 인버터부를 포함하는 것을 특징으로 하는 인버터 시스템.

【청구항 7】

제6항에서,

상기 무효 전력 보상부에서 출력되는 상기 토크분 지령 전압과 상기 자속분 지령 전압은 다음의 수학식에 따라 제어되는 것을 특징으로 하는 인버터 시스템.

$$v_{ds2}^{e*} = \frac{i_{ds}^e}{\|i_s\|} \left(k_{vp} + \frac{k_{iv}}{s} \right) (v_{dc2}^* - v_{dc2}) + \omega_e \sigma L_s i_{qs}^e$$

$$v_{qs2}^{e*} = \frac{i_{qs}^e}{\|i_s\|} \left(k_{vp} + \frac{k_{iv}}{s} \right) (v_{dc2}^* - v_{dc2}) - \omega_e \sigma L_s i_{ds}^e$$

여기서, v_{ds2}^{e*} : 자속분 지령 전압 v_{qs2}^{e*} : 토크분 지령 전압

i_{ds}^e : 자속분 전류 i_{qs}^e : 토크분 전류

v_{dc2}^* : 제2 인버터 지령전압 v_{dc2} : 제2 인버터 전압

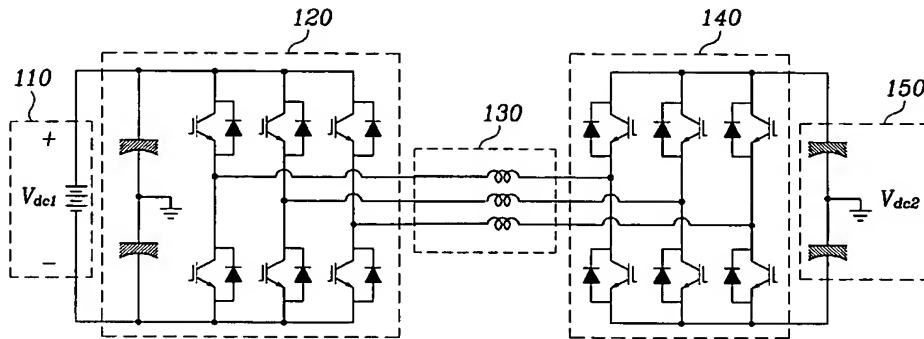
k_{vp}, k_{vi} : 전압 제어기의 비례적분 이득 계수

i_s : 고정자 전류 ω_e : 회전자 자속 각속도

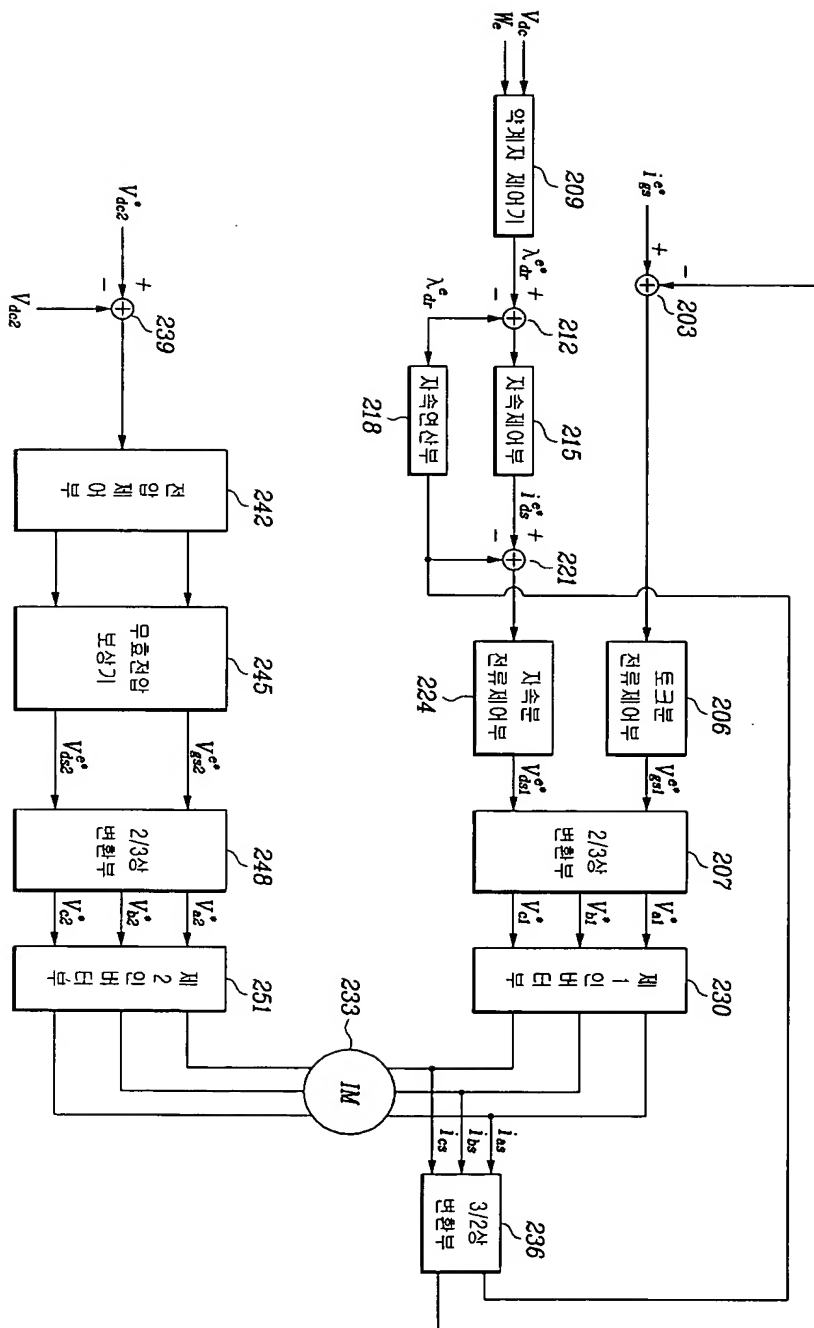
σL_s : 총 누설 인덕턴스

【도면】

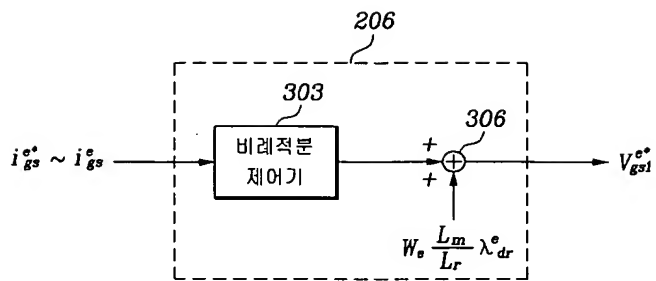
【도 1】



【도 2】



【도 3】



【도 4】

